

# A Ciência da Codificação Digital

Tomás Bessa - 40210344

## Índice

Introdução .....	2
O que é a “Codificação”? .....	2
Codificação em Imagem, Vídeo e Áudio .....	2-3
Codificação Versus Compressão .....	3-4
Profundidade de Bits .....	4
Parâmetros Comuns de Codificação .....	5-6
Conclusão .....	6

## **Introdução**

No mundo da arte digital, multimédia e audiovisuais, nós usamos a computação moderna para a criação dos nossos trabalhos. Na criação de media digital (imagem, vídeo, áudio), a construção e visualização dos nossos trabalhos assenta-se na codificação de ficheiros digitais, mas o que é a “codificação”? Este trabalho faz uma descrição elaborada do funcionamento por detrás da codificação e compressão de media digital, o que é, como funciona, e os seus diferentes elementos principais.

## **O que é a “Codificação”?**

Atualmente, toda a informação nos computadores é processada e armazenada em bits, que podem ter o valor de 0 ou 1, correspondente à ausência ou presença de corrente elétrica no hardware, respetivamente. O CPU é construído com base numa arquitetura (x86, ARM, PowerPC, etc) e essa arquitetura tem o seu conjunto de instruções para o CPU operar com base em. O conjunto de instruções diz ao CPU o que fazer com cada arranjo de bytes que recebe, cada diferente combinação tendo um significado diferente, e esta é a presença mais crua da codificação num computador. Codificação é o arranjo de informação num padrão específico com base num algoritmo, para que depois possa ser interpretado por um programa ou hardware.

Muitas camadas acima e temos então diferentes formatos de ficheiro para vários propósitos, como por exemplo ficheiros de texto, arquivos zip, vídeos, imagens, bases de dados, binários executáveis, etc. Estes ficheiros têm o seu arranjo de dados com base no seu formato de codificação para que possa ser decodificado e lido.

## **Codificação em Imagem, Vídeo e Áudio**

Quer em imagem, vídeo ou áudio, a codificação dos ficheiros assenta-se no mesmo tipo de processo. Primeiro escolhe-se um formato de contentor (MP4, TIFF, MOV, OGG) que vai definir-nos os formatos de codificação que suporta, bem como possíveis características únicas (por exemplo, o MKV tem proteção contra corrupção de dados), e depois escolhemos um formato de codificação. Em alguns casos, normalmente no contexto de imagem e áudio, o contentor foi criado para suportar apenas um formato de codificação, por exemplo o formato de ficheiro PNG que suporta apenas o formato de codificação com exatamente o mesmo nome.

Depois de escolhermos o formato de codificação, escolhemos um codificador. Enquanto que o formato é o algoritmo base, o codificador é o software que nos vai codificar o ficheiro com base no formato escolhido. Este codificador também poderá já ter a funcionalidade de decodificação do ficheiro, sendo assim um codec (codificador e decodificador). A escolha do codificador é importante porque vai influenciar a performance, qualidade, limitações, eficiência de compressão e quantidade de parâmetros disponíveis para a codificação. O formato H.264 é possivelmente o formato de vídeo com a maior quantidade de codificadores, existindo dezenas ou centenas deles, alguns de código aberto, outros de fonte fechada.

Com o codificador e os parâmetros escolhidos, podemos agora criar o nosso ficheiro final. Para visualizarmos e interpretarmos este ficheiro, vamos precisar de um decodificador, que segue exatamente a mesma lógica que o codificador mas com o funcionamento invertido.

## **Exemplos de Formatos de Codificação**

- H.264
- Huffman
- Deflate
- PNG
- FLAC
- EXR
- PCM
- VC-3
- DNxHD/DNxHR
- Cineform
- Opus

## **Exemplos de Codificadores**

- x264 (H.264)
- x265 (H.265)
- QSV (H.264 e H.265)
- utvideo (Huffman)
- huffyuv (Huffman)
- OpenH264 (H.264)
- libopus (Opus)
- libmp3lame (MPEG Audio)
- dnxhd (DNxHD e DNxHR)
- cfhd (Cineform)
- png (PNG)
- libvpx-vp9 (VP9)

## **Codificação Versus Compressão**

A codificação de um ficheiro em si poderá não vir com compressão, a compressão é apenas um elemento opcional da codificação. A compressão utiliza um algoritmo para pegar na informação crua e reduzi-la na sua ocupação em bits, podendo ter ou não perdas na quantidade de informação e qualidade. A compressão pode ser lossless (sem perdas de informação e qualidade) ou lossy (com perdas). Este conceito de perda só se aplica ao algoritmo de compressão e não se aplica a modificações externas, como a alteração de resolução de imagem ou profundidade e amostragem de cor.

## Exemplos

O formato de ficheiro de imagem TIFF suporta diversos formatos de compressão, assim podemos criar uma imagem TIFF sem compressão, ou com compressão sem perdas.

O formato de imagem JPG é um exemplo de um formato com compressão com perdas.

O H.264 suporta compressão sem perdas e com perdas, dependendo das limitações dos codificadores.

O formato PNG suporta apenas compressão sem perdas.

## Profundidade de Bits

Na codificação de imagem, vídeo, e áudio, o ficheiro é codificado com uma profundidade de bits determinada. A profundidade de bits define a resolução de informação das “amostras” do nosso material. Neste caso, “amostras” tem esse nome em áudio, mas refiro-me aos píxeis no contexto de imagem e vídeo.

### Vídeo e Imagem

A profundidade de bits define a quantidade de bits que cada píxel não comprimido ocupa. Isto vai refletir na quantidade de cores que a imagem ou o vídeo vai ter. Como cada bit pode ter o valor de 0 ou 1, a quantidade de cores pode ser calculada com 2 elevado à profundidade. Nesse caso então, um vídeo com uma profundidade de 8 bits por canal tem  $2^8$  cores por canal, que são 256 níveis de cor. Esta imagem, a 8 bits por canal, vai ter um total de 24 bits por píxel, tendo 3 canais, ou 32 bits se tiver um quarto canal alfa, para transparência.

### Áudio

A profundidade de bits em áudio define a quantidade de bits que cada amostra não comprimida ocupa. Isto define a resolução das amostras e vai controlar a quantidade de níveis de intensidade de som, bem como a gama dinâmica do áudio. Em caso do áudio 32bit, a informação das amostras é armazenada em ponto flutuante, o que faz com que o volume máximo seja acima dos 0 dBFS.

## Parâmetros Comuns de Codificação

Na codificação de media, existem vários parâmetros importantes que vão definir o comportamento e natureza do conteúdo codificado. Alguns exemplos são:

### Bitrate e Controlo de Taxa

Em vídeo e áudio, a bitrate define a quantidade de bits que a codificação usa por segundo. Isto reflete diretamente na quantidade de bits que o codificador pode usar para armazenar informação. Por esse motivo, quanto maior a bitrate for, maior é a preservação de informação e qualidade do vídeo. A bitrate necessária para manter um certo nível de qualidade e informação varia conforme o formato de codificação, o codificador, parâmetros de codificação, formato, amostragem e profundidade de cor, resolução e framerate, o próprio conteúdo do vídeo, etc.

O controlo de taxa é o método de controlo de bitrate: Existem vários controlos de taxa como CBR, VBR, CQP, CRF e ABR. Os métodos mais usados são CBR, VBR e CRF:

**CBR:** A bitrate é definida para um valor constante. Existem pequenas flutuações de bitrate, mas fica sempre muito próximo do valor definido.

**VBR:** A bitrate varia dentro de um intervalo, com o mínimo e máximo configurados.

**CRF:** Um valor de qualidade constante é definido, e a bitrate varia indeterminadamente de forma a atingir o nível de qualidade e informação escolhido. Esta variação ocorre ao longo do vídeo e varia dependendo de todos os parâmetros que influenciam a necessidade de dados para um certo nível de qualidade e informação. Todos os vídeos e áudio lossless usam por consequência este controlo de taxa ou um semelhante. Os valores de qualidade são logarítmicos e quanto maior for, maior é a perda de qualidade e informação. O valor de 0 é lossless.

### Compressão Temporal

O que distingue a compressão de imagem da de vídeo é a presença (opcional) de compressão temporal. A compressão temporal baseia-se no uso de keyframes e partilha de informação entre frames. Um keyframe é criado a uma certa taxa determinada, por exemplo a cada 3 segundos, e os frames a seguir são frames secundários, até ao próximo keyframe. Os keyframes não têm compressão temporal e partilha de informação entre outros frames e os frames secundários, com o nome de p-frames e b-frames, partilham a informação igual entre si. Por exemplo, se um certo pixel não se altera entre dois frames secundários, a informação de cor do pixel é partilhada entre ambos para poupar dados.

Formatos intermédios de codificação (DNxHR, ProRes, Cineform, etc) normalmente não usam compressão temporal.

## **Amostragem de Cor**

A amostragem de cor é uma forma fácil de reduzir a quantidade de informação do vídeo/imagem para poupar no tamanho de ficheiro ao reduzir a amostragem de cor. Normalmente, é usado o formato de cor YUV para sub-amostrar a cor sem afetar a luminosidade, para ser mais difícil de notar a diferença. Na prática, a resolução de imagem baixa somente para a cor, mantendo o canal de luminosidade como está. Há vários níveis de amostragem de cor YUV, como 4:4:4, 4:2:2, 4:2:1 e 4:2:0.

## **Conclusão**

A criação de arte e conteúdos digitais depende da codificação digital. Existe um universo enorme por trás desta área de conhecimento e é importante compreender como funciona a base para codificar uma imagem, vídeo ou áudio e que parâmetros e tipos de codificação devemos utilizar para utilizarmos a nossa tecnologia corretamente.